Pelletierung von Metallpulvern

1. Welches technische Problem liegt dem Verfahren zugrunde?

Die Fertigung von geschlossenporigen Aluminiumschäumen nach dem pulverschmelzmetallurgischen Verfahren (Abbildung 1) beruht auf der Verwendung von schäumbarem Aluminiumvormaterial (Ergebnis von Schritt 4 in Abbildung 1). Dieses wird durch Mischen von Metall- und Treibmittelpulver, deren Kompaktierung und anschließendem Strangpressen gefertigt. Zur Herstellung von Sandwiches oder 3D-Schaumbauteilen ist es notwendig, das schäumbare Vormaterial oberhalb der Schmelztemperatur der jeweiligen Legierung zu erwärmen.

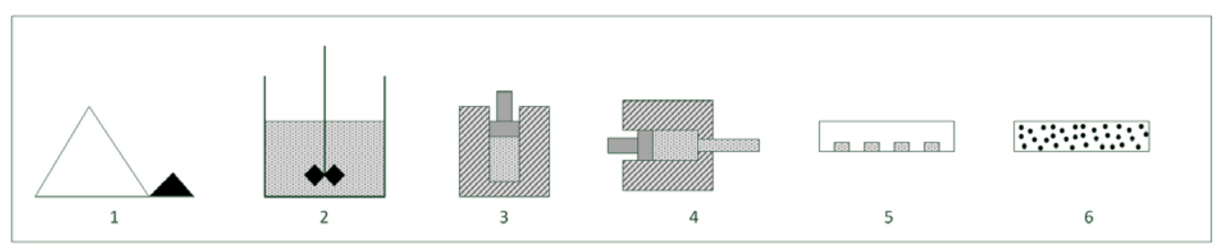


Abbildung 1: Fertigungsprozess

Bis zum Strangpressen (Prozessschritte 1-3, Abbildung 1) werden explosions- oder zumindest brennfähige Pulver (<0,5 mm) chargiert, gemischt, verpackt und transportiert. Als Schutzmaßnahmen wird daher eine Reihe von Auflagen beachtet. Dies beinhaltet zum Beispiel das Mischen der Pulver unter Schutzgasatmosphäre und die Verarbeitung in einem explosionsgeschützten Raum. Der Prozess wird dadurch verkompliziert und kostenintensiv.
Eine homogene Mischung von Metallpulver mit dem Treibmittel ist Grundvoraussetzung zur Fertigung von gleichmäßig schäumenden Vormaterialsträngen. Durch eine unzureichende Mischung bzw. eine Entmischung während des Transports oder der Lagerung bis zum Strangpressen wird eine regelmäßige Porenverteilung und -größe stark beeinträchtigt.
Die Nutzung von Metallpulvern als Ausgangsmaterial ist durch die aufwendige Herstellung der Pulver ebenfalls sehr preisintensiv. Für die Vormaterialfertigung sollen sortenreine Metallspäne aus der Zerspanungsindustrie genutzt werden. Diese müssen für die Verarbeitung noch vorbehandelt (definiert zerkleinert) werden. Die Verwendung von Recyclingmaterial kann die Kosten für das schäumbare Material aufgrund des geringen Preises der Späne um bis zu 80 % reduzieren.
Zusammengefasst liegt das technische Problem der Technologie einerseits in der Explosionsfähigkeit der Ausgangsstoffe im Verarbeitungsprozess und andererseits in der inhomogenen Treibmittelverteilung.

2. Wie wurde dieses Problem bisher gelöst?

Die Herstellung von schäumbarem Vormaterial erfolgt bisher nach dem in Abbildung 1 dargestellten Verfahrensschema. Die Pulver werden in einem speziellen explosionsgeschützten Raum gewogen, unter Schutzgasatmosphäre gemischt und in Kartuschen verpackt. Die Kartuschen werden für den Strangpressprozess vorgewärmt und anschließend unter hohem Druck zu einem Strang geformt. Die Vormaterialstränge werden abgelängt und in eine Schäumform chargiert. Das schäumbare Vormaterial wird im Ofen bei Temperaturen oberhalb der Schmelztemperatur der Aluminiumlegierung aufgeschäumt. Eine konventionelle Lösung hinsichtlich einer homogenen Mischung der Ausgangsstoffe existiert bislang nicht und beschränkt sich auf ein vorsichtiges Handling.

3. Lösungsweg

Die pulverschmelzmetallurgische Verfahrensroute hat sich am Fraunhofer IWU etabliert. Die Vorteile liegen in den guten Verarbeitungseigenschaften und der Möglichkeit dreidimensionale Teile zu schäumen. Die Verwendung von schäumbarem Vormaterial macht die Fertigung von Sandwichs mit Aluminium- oder Stahldecklagen möglich.

Die Kostentreiber bei der pulverschmelzmetallurgischen Verfahrensweise sind die Ausgangsmaterialien. Metallpulver sind aufgrund der komplexen Fertigungsstruktur sehr preisintensiv. Eine Minderung der

Ausgangskosten ist durch die Verwendung von Recyclingmaterial möglich. In vielen Prozessen werden Aluminium und seine Legierung zur Formgebung oder zum Finishen spanend bearbeitet. Diese Späne dienen als Ausgangsmaterial zur Fertigung von schäumbarem Vormaterial. Aufgrund der Vielfalt an Zerspanungsprozessen, werden variierende Spanformen als Ausgangsmaterial zur Verfügung stehen. Um eine einheitliche Basis zu schaffen, müssen die Späne zerzerkleinert und gesiebt werden. Hierfür sind Verfahren wie das Mahlen oder das Häckseln geeignet. Nach dieser Vorbehandlung können die Späne in Analogie zum Metallpulver verarbeitet werden. Die Kostenersparnis bei der Verwendung von Spänen liegt bei ca. 80 %. Auch im Fall der Verwendung von zerkleinerten Spänen sind Feinanteile enthalten, welche als explosionsfähig gelten und entsprechende Schutzmaßnahmen erfordern.

Um die eingangs genannten technischen Probleme zu beheben, wurden 3 Verbesserungskonzepte für die Fertigung sowie nutzbare Ausgangsmaterialien- bzw. deren Geometrie erarbeitet.

Viele der Prozessschritte – wie die Herstellung der Pulvermischung und die Vorkompaktierung des Pulvergemisches – sind durch andere Methoden ersetzbar und verringern die Gefahren während der Verarbeitung. Hierzu werden nachfolgend die Konzepte vorgestellt:

A) Sprühen

Beim Sprühen wird eine vorgeformte Metallpulver- oder Spänekugel (1) mit Binder (2) besprüht und anschließend mit einem Treibmittel (3) beschichtet. Denkbar ist auch das Aufsprühen einer Emulsion (2+3) aus Binder und Treibmittel. Eine Emulsion bietet den Vorteil, dass das Pulver nicht unter Schutzgas verarbeitet werden muss.

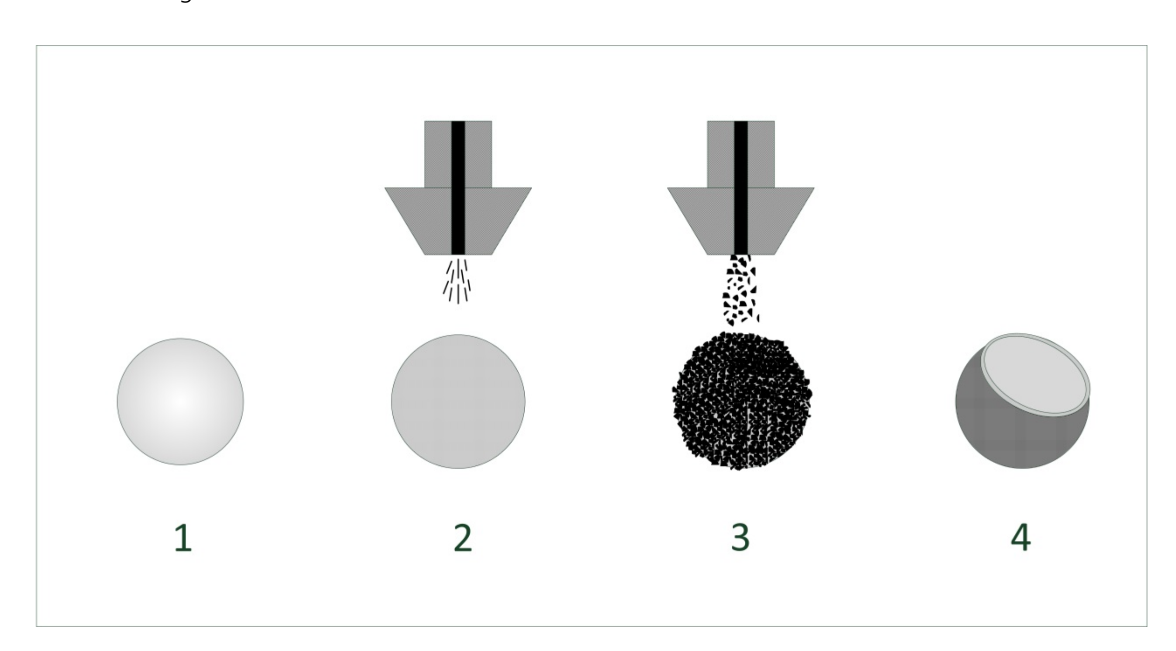


Abbildung 2: Sprühen

Das Ergebnis ist eine Kugel (4) mit schalenförmigem Aufbau aus Metall, Binder und Treibmittel. Das Verhältnis von Treibmittel zu Binder (beispielsweise 1:99) kann anhand der Beschichtungsdauer oder dem Verhältnis von Ausgangs- und Enddurchmesser eingestellt und überprüft werden. Die Verteilung des Treibmittels auf der Pulver- oder Spänekugel ist homogen. Für die Weiterverarbeitung ist die Form zur Dosierung sehr gut geeignet und eine Explosions- oder Brandgefahr wird durch die Pulverbindung verringert.

B) Rollen

Die zweite Möglichkeit ist ähnlich dem Sprühen, jedoch dient als Ausgangsmaterial eine Treibmittelkugel. Diese Treibmittelkugel wird in einen schräggestellten Mischer gegeben. Durch Zugabe von Binder und Metallpulver bzw. zermahlenen Metallspänen bilden sich Schichten auf dem Treibmittel aus. Dieser Vorgang wird solange durchgeführt, bis ein vordefiniertes Verhältnis von Metall zu Treibmittel eingestellt ist. Die Kontrolle kann anhand der Messung von Anfangs-

und Enddurchmesser bzw. durch integrierte Siebe erfolgen. Die Vorteile dieser Fertigung sind gleich denen des Aufsprühens.

C) Direktpelletieren
Beim Direktpelletieren werden aus verschiedenen Materialien kleine Kügelchen oder Zylinder gepresst. Die Mischung aus Treibmittel und Metallpulver bzw. -spänen (1) wird durch eine rotierende Walze (2) in eine Ringmatrize (3) gepresst und nach dem Austritt von einem Abstreifer (4) auf eine Definierte Länge getrennt. Das Verfahren dient zur Herstellung von Vormaterialpellets, als auch von Vormaterialbriketts.

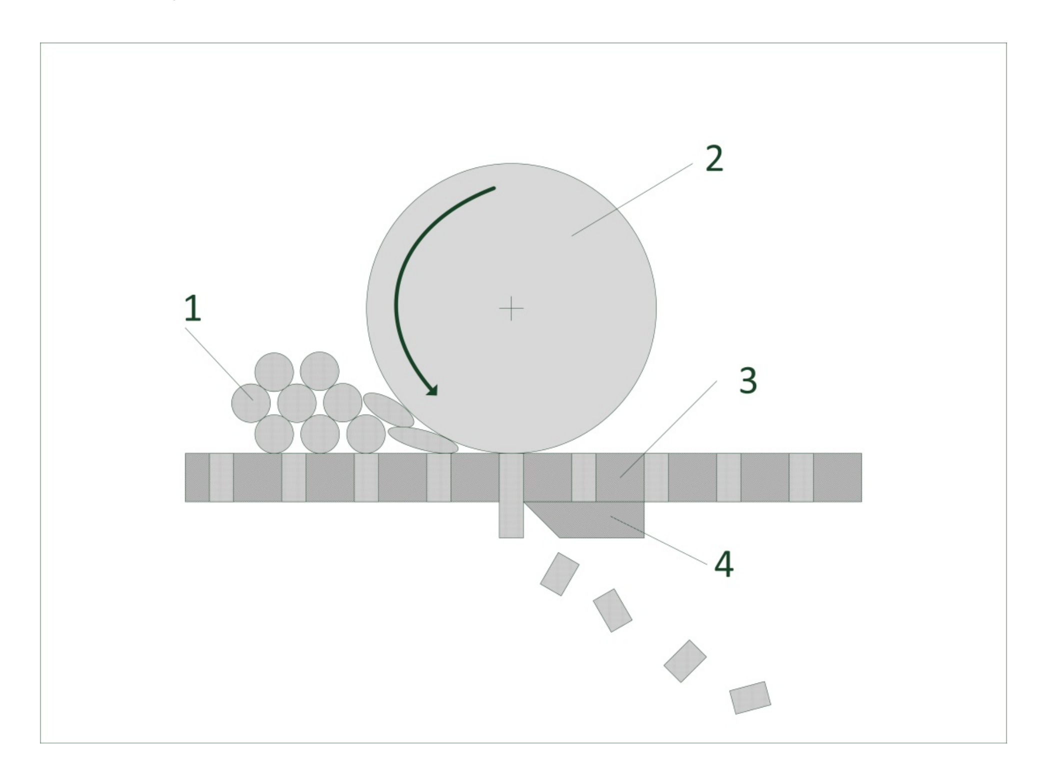


Abbildung 3: Direktpelletierung

In der Pelletieranlage werden die Pulver unter Schutzgas vermischt und gleich zu homogenen, weiterverarbeitbaren Halbzeugen gepresst. Ein weiterer Vorteil ist die Festigkeit der Pellets oder Briketts durch den Pressvorgang, wodurch bessere Transport- und Lagereigenschaften der Halbzeuge erzeugt werden. Um eine zusätzliche Inertisierung des Prozesses zu vermeiden, kann der Arbeitsschritt direkt im Anschluss an das Aufbrechen der Späne (unter Schutzgas) erfolgen und die inerte Atmosphäre dieses Prozesses nutzen.

Diese Verfahrensänderungen reduzieren die in Abbildung 1 gezeigten Schritte 1-3 auf einen kombinierten Prozessschritt mit reduziertem Risiko, da durch die Reduktion weniger Arbeitsabläufe mit den explosions- bzw. brandgefährlichen Pulvern ausgeübt werden. Die homogen hergestellten Halbzeuge aus Treibmittel und Metallpartikeln lassen sich besser manipulieren und beliebig dosieren. Eine Entmischung vor oder während des Strangpressprozesses kann vermieden werden. Die Qualität der herzustellenden schäumbaren Vormaterialstränge und des daraus hergestellten Metallschaums wird durch die Gleichverteilung des Treibgases in der Schaumgenese erheblich steigen.

4. a) Welche Wirkungen und welche Vorteile haben die unter Punkt 3 beschriebenen besonderen technischen Merkmale? Was ist aus Ihrer Sicht der wichtigste Vorteil?

Die Wirkung des hierin beschriebenen Verfahrens zeigt sich in drei Ausprägungen:

- Durch die Möglichkeit der Nutzung von Recyclingmaterial kann der Preis für schäumbares Vormaterial um bis 80 % reduziert werden. Derart kann beispielsweise ein Aluminiumschaumsandwich mit Stahldecklage (1.200 mm x 600 mm x 40 mm) ca. 30 % preiswerter angeboten werden, somit einen Marktvorteil verschaffen und neue Anwendungsgebiete ermöglichen.
- Die Fertigung von Vormaterial am Institut kann um aufwendige und kostspielige Arbeitsprozessschritte reduziert werden. Ein sichereres Arbeitsumfeld wird geschaffen. Die granulare Form der Pellet-Halbzeuge erleichtert das Strangpressen und verbessert die Qualität des Prozesses.
- Ein homogen verteiltes Treibmittel im schäumbaren Vormaterial führt zu einem gleichmäßigeren Metallschaum. Dieser kann verlässlicher berechnet werden, was die Grundvoraussetzung zur Auslegung von Bauteilen z. B. im Automobilbau darstellt. Eine regelmäßige Porenverteilung und -größe ist zumeist Anspruch in Konstruktions- und Designobjekten beim Anwender.

4. b) Gibt es alternative Verfahren?

Das Verfahren kann durch die Nutzung der herkömmlichen Verfahrensweise umgegangen werden, jedoch werden somit auch alle unter Kapitel 1 dargelegten Probleme (Explosions- oder Brandgefahr, inhomogene Treibmittelverteilung,…) beibehalten. Unter dem Gesichtspunkt einer preiswerten und homogenen Vormaterialherstellung kann das Verfahren nur umgegangen werden, indem wirtschaftlich nicht relevante und somit nicht in Betracht zu ziehende Verfahren genutzt werden.

4. c) Wie kann ein alternatives Verfahren erkannt werden?

Eine alternatives Verfahren kann theoretisch anhand der homogenen Verteilung des Treibmittels im Vormaterialstrang und die Nutzung von Spänen als Ausgangsmaterial durch Gefügeanalysen erkannt werden. Durch die Nutzung von preiswertem Ausgangsmaterial (Späne), kann ein alternatives Verfahren anhand von sehr niedrigen Materialkosten für schäumbares Vormaterial vermutet werden. Ein definitiver Nachweis ist nicht möglich, da es sich bei dem beschriebenen Sachverhalt um die Modifikation von Prozessschritten und weniger um unmittelbare Auswirkungen auf das Endprodukt handelt. Eine Identifikation des alternativen Verfahrens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist relativ wage, da der Angebotspreis aus verschiedenen Komponenten inklusive Gewinnmargen besteht und somit extern nicht nachvollziehbar ist.

5. Technisches Anwendungsgebiet?

Das avisierte Anwendungsgebiet liegt maßgeblich im Bereich der Metallschaumherstellung und der Sandwichfertigung sofern deren Aufbau auf Aluminiumblech-beplankten (AAS) oder Stahl-beplankten Aluminiumschaumkernen (SAS) beruht. Die Fertigung dieser Sandwichelemente kann nur mittels des pulverschmelzmetallurgischen Verfahrens hergestellt werden. Die Herstellung von Vormaterial ist essentieller Bestandteil der Fertigung und somit relevant für alle Produzenten derartiger Halbzeuge und Fertigprodukte.

Anwendungsbereiche für Sandwichs und Aluminiumschaumteile sind vielfältig:

- Werkzeugmaschinen und Anlagenbau, zur Reduzierung der bewegten Massen und zur Verbesserung des Schwingungsverhaltens,
- Schiffsbau, durch effizienten Leichtbau kann das Eigengewicht von Schale und Aufbauten reduziert werden, wodurch das nutzbare Frachtgewicht steigen kann
- Schienenverkehr, als leichten und robusten Fußbodenaufbau und für die Außenhaut des Zuges

Das Vormaterial findet ebenfalls Verwendung bei der Herstellung von 3D-Aluminiumschaumformteilen mit und ohne Schaumhaut für:

- Crash-Elemente,
- Karosserieversteifungen

Die Anwendungen resultieren aus den hervorragenden Eigenschaften von Aluminiumschaum bzw. dessen Verbund mit Decklagen:
- schweißbar,
- hoher Werkstoffdämpfungswert,
- biegesteif,
- recyclingfähig,
- temperaturbeständig.

Abgesehen von einer eigenen Umsetzung des Verfahrens hat die Forschungsgruppe Metallschaum großes Interesse am Schutz dieser Technologie. Die Vorteile sind generell für andere Metallschaumhersteller von großem Interesse und offerieren eine Chance zur Lizenzvergabe.

6. Literaturrecherche

Nr.	Quelle
1	Christian Hannemann: Alternative starting materials for the metal foam production process, Presentation held at 7th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams, MetFoam 2011, September 18-21 2011, BEXCO, Busan, Korea
2	DE102006024945A1, Metallschäumungsverfahren
3	DE 40 18 360 C1
4	DE 29 30 218 A1
5	AT 4 05 946 B
6	US 37 25 037